	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 8 de 36

21.1-51-20

FORMATO DOCUMENTO FINAL TRABAJO DE GRADO – OPCIÓN DIPLOMADO

IDENTIFICACIÓN

Nombre(s) estudiante(s):	Carol Daniela Cárdenas Garzón Julieth Andrea Cifuentes Palacios
Correo(s) electrónico(s)	cdanielacardenas@ucundinamarca.edu.co jandreacifuentes@ucundinamarca.edu.co
Fecha de presentación al Comité de Trabajos de Grado:	Martes, 02 de febrero del 2021
Nombre director:	Jorge Hernando Dueñas Gomez


1. TÍTULO

DISEÑO DE MACRO-RUTAS DE RECOLECCIÓN PARA RESIDUOS SÓLIDOS APROVECHABLES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ

2. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo establecer el diseño técnico-operativo (macro y micro-rutas, frecuencia y horarios) de las rutas selectivas de recolección de residuos sólidos aprovechables para la zona urbana del municipio de Facatativá, partiendo de la recopilación de información referente a las empresas de aseo y población de recolectores del municipio, asumiendo como base la cooperativa COOPRECUPERARFACA donde se encuentran registrados los recicladores de oficio del municipio y que es objeto de actualización permanente.

Los residuos sólidos aprovechables de los cuales se hace mención anteriormente corresponden a cartón, papel, bolsas plásticas limpias, caucho, metal, vidrio y acrílico principalmente, esto conforme lo establece el decreto único 1077 de 2015 y el 596 de 2016.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 9 de 36


Por consiguiente, se realizó el acoplamiento de la información pertinente con el software ArcGIS, el cual es un completo sistema que permite recopilar, organizar, analizar información geográfica (ESRI, s.f) con el fin de brindar soluciones que permitan en este caso plasmar las rutas selectivas de recolección del municipio y por medio de este producto realizar un análisis en cuanto a frecuencias y horarios de distribución para llevar a cabo un efectivo proceso.

Finalmente se generó la salida gráfica, el cual son mapas de fácil comprensión que contribuyen tanto al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), como a la optimización laboral de los recolectores en el municipio y que su vez facilita y mejora el proceso para que los residuos sólidos aprovechables sean efectivamente recolectados y reincorporados al ciclo económico; además de reducir la cantidad de residuos que son dispuestos en el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo.

Ambientalmente es una solución inteligente que permite organizar la recolección de los residuos sólidos aprovechables haciendo empleo de un mapa que les permite minimizar tiempos de recolección y optimizar el proceso para que sea de beneficio, no solo para los recolectores, sino para la población de Facatativá. Es un proyecto que estará plasmado en el PGIRS mediante la asistencia de la Secretaria de Desarrollo Económico y Alcaldía, por medio del cual se hará su implementación, siendo la ruta de ejecución general y por la cual se organizaran los recolectores formales del municipio.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los lineamientos para la gestión de residuos sólidos y el cumplimiento de la prestación del servicio público de aseo en el municipio de Facatativá se ven contemplados en el PGIRS,


	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 10 de 36

donde se establecen programas para disminuir las falencias percibidas a lo largo del proceso por el cual atraviesan los residuos.

El principal problema al que se enfrentan los recolectores del municipio y que atañe al diseño de las rutas, es la ausencia de rutas de recolección de residuos sólidos aprovechables diseñada y formalizada. Dada la situación los miembros de la cooperativa COOPRECURARFACA actualmente realizan el recorrido basado en necesidades individuales, por lo que se proyectaría una evidencia a partir de: Número de recolectores asignados a las micro rutas / total de recolectores. Permitiendo así realizar el trabajo de manera óptima; ya que, en la mayoría de los casos, los recorridos son realizados de forma informal y desorganizada, no se basan en un estudio técnico, generando así un aumento en el tiempo de operación y la disminución del rendimiento del personal.

El Programa de Aprovechamiento contemplado en el PGIRS, busca aumentar el volumen y la calidad de los residuos sólidos aprovechables que entran en el proceso productivo por la comercialización, mediante operación de rutas selectivas en el sector urbano dentro de un marco de inclusión social de la población recicladora, por ello, las empresas de aseo de Facatativá y comunidad de recolectores requieren de una distribución adecuada, que favorezca tanto a la gestión de los residuos sólidos, como a la incorporación laboral equitativa.

Con base a lo anterior, se ve necesaria la creación de una herramienta tangible que le permita a los involucrados entender fácilmente la distribución de las rutas y además le permita al municipio mejorar la calidad ambiental y la condición de los recolectores en su labor.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 11 de 36

4. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Establecer el diseño técnico-operativo (macro y micro-rutas, frecuencia y horarios) de las rutas selectivas de recolección de residuos sólidos aprovechables para la zona urbana del municipio de Facatativá.


Objetivos específicos:

- Reunir información referente a las empresas de aseo y población de recolectores del municipio.
- Realizar el acoplamiento de la información pertinente para la elaboración de las rutas selectivas con el software ArcGIS
- Generar mapas de fácil comprensión que contribuyan tanto al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), como a la optimización laboral de los recolectores en el municipio.

5. MARCO NORMATIVO

Para abordar el conjunto de normas que reglamentan las rutas selectivas de recolección de residuos aprovechables, se debe tener en cuenta en primer lugar la Ley 99 de 1993 “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, y se dictan otras disposiciones”. Se destaca ya que a partir de esta se generan una serie de normas que regulan la recolección de residuos sólidos.

A través de la Ley 142 de 1994, que a su vez es modificado por la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001 las cuales hacen referencia al régimen de los servicios públicos domiciliarios que para interés del presente trabajo es del servicio público de aseo donde se establece la

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 12 de 36

recolección de residuos y también la aplicación de las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de estos.

Por medio del Decreto 596 de 2016 se modifica y adiciona el Decreto número 1077 de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, teniendo en cuenta la aplicabilidad en el proyecto este se encuentra basada en la distribución de los recuperadores en las rutas de recolección, donde dicha actividad se complementa con lo establecido en la Resolución 754 de 2015 en la cual se establecen los lineamientos del PGIRS y en el cual se encuentran los programas de inclusión de recicladores y aprovechamiento que debe cumplir obligatoriamente cada municipio.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 Recopilación de información genral referente a las empresas de aseo y población de recolectores del municipio de Facatativá.

Para poder reunir la información se acudió a la secretaria de Desarrollo Económico, entidad que es responsable de llevar a cabo las actividades relacionadas con el Programa de Aprovechamiento y el programa de Inclusión de recicladores enunciadas en el PGIRS de Facatativá, y que son de obligatorio cumplimiento. Por ello se habían adelantado una serie de procesos que están debidamente documentados y que se requirieron para el presente proyecto como lo son:

1. Capas del área urbana del municipio de Facatativá (manzanas, perímetro, nomenclatura vial, veredas) (*Anexo 1.4*)

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 13 de 36

2. Base de datos de los miembros de la cooperativa de recuperadores

COOPRECUPERARFACA (*Anexo 1.5*)

3. Información de las rutas de recolección de las empresas de servicio público de aseo

(ServiGenerales S.A. E.S.P., Trash Global S.A. E.S.P. y Triple A S.A. E.S.P.)

4. Trabajo proyecto de grado de la estudiante Alix Mahidu Bohórquez Jiménez de la

Universidad de Cundinamarca, programa de Ingeniería Ambiental dirigido al “Diseño de un

modelo de rutas de recolección selectiva de residuos sólidos aprovechables del municipio de

Facatativá Cundinamarca” (*Anexo 1.1*)

6.2 Diagramación de las rutas de recolección de residuos sólidos aprovechables por medio del software ArcGIS

6.2.1 Digitalización

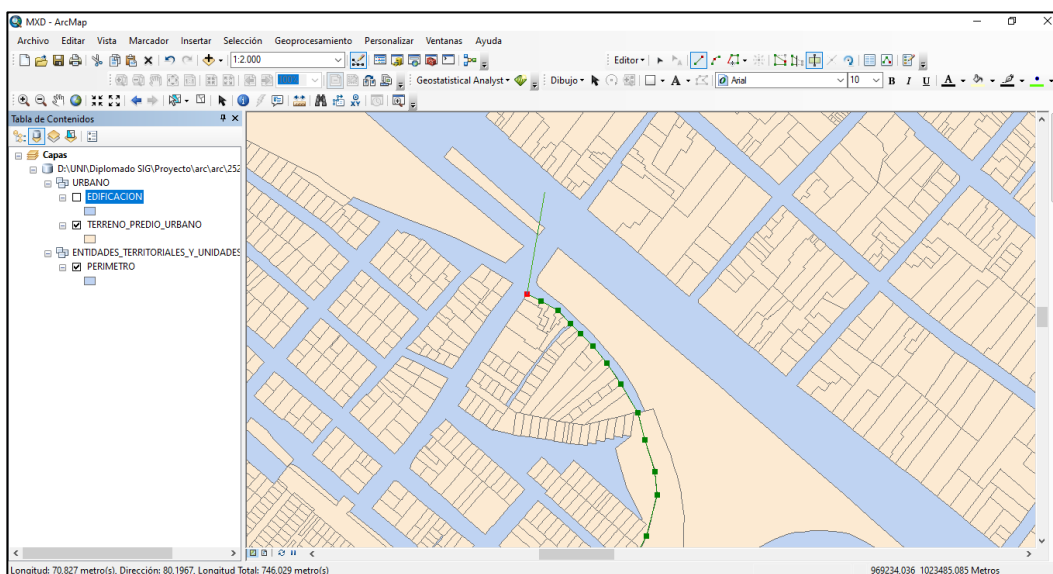


Tabla 1 Descripción de los campos que se insertan en la tabla de atributos

Fuente: Elaboración Propia

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 14 de 36

A partir de la información suministrada por la Secretaria de Desarrollo Económico, se partió de la capa de perímetro y manzanas del área urbana con el fin de digitalizar las macro-rutas del municipio de Facatativá como se observa en la *Figura 1*. Se realizaron con el tipo de coordenadas planas de MAGNA COLOMBIA BOGOTÁ.

A través de la tabla de atributos por medio de la herramienta de “Edición” se agregó el campo MACRO-RUTA como se muestra en la *Figura 2* para nombrar cada uno de los polígonos trazados.

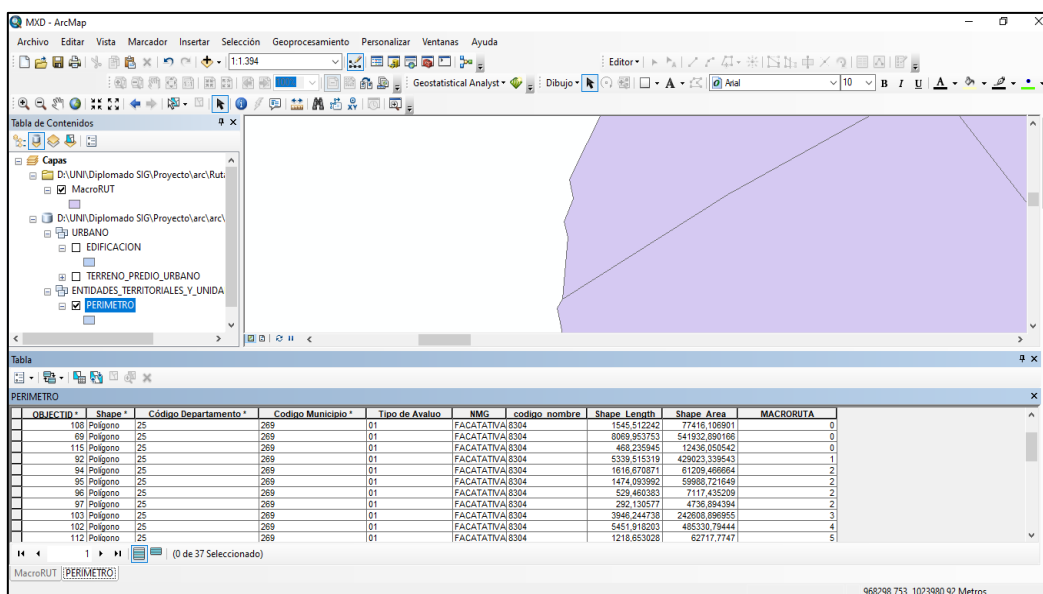


Figura 2 Adición de campo en la digitalización de las macro-rutas
Fuente: Elaboración Propia

Se empleó la herramienta “Disolver” como se muestra en la *Figura 3* para unificar los polígonos pertenecientes a cada Macro-ruta.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 15 de 36

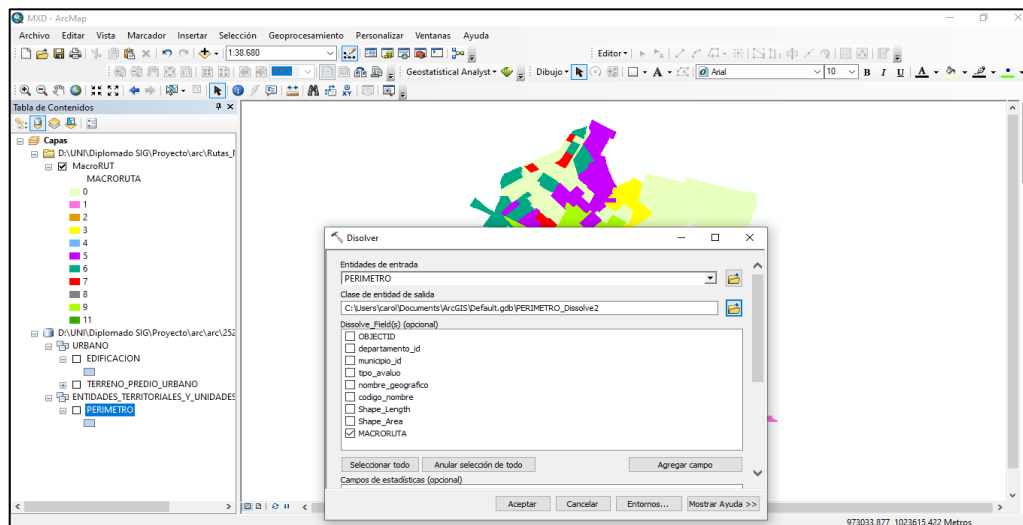


Figura 3 Unificación de polígonos por medio de la herramienta “Dissolve”

Fuente: Elaboración Propia

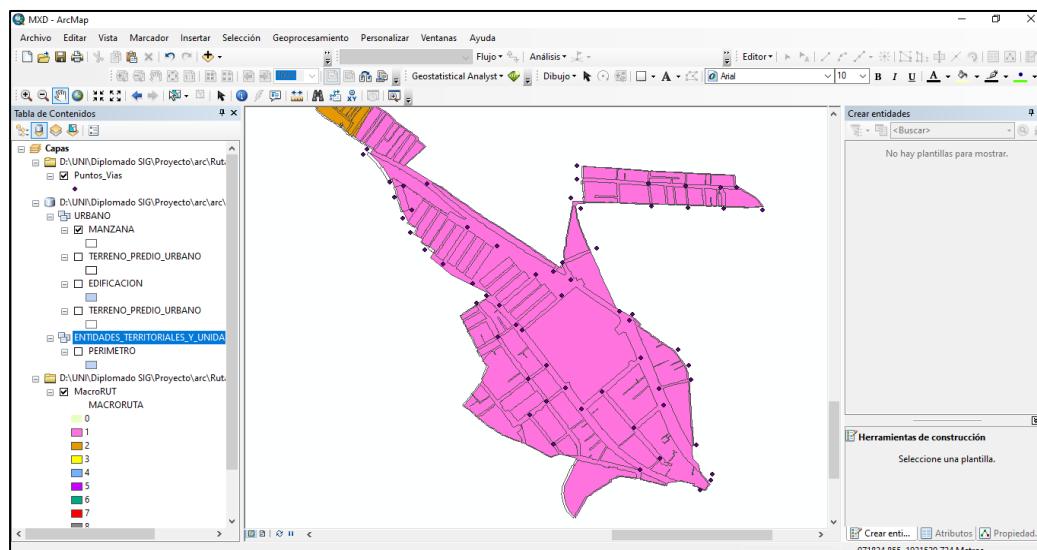



Figura 4 Creación de Shape de Nodos y edición de esta capa

Fuente: Elaboración Propia

Por medio de este archivo Shapefile se fijan los puntos de intersección en calles y carreras, considerando nodos iniciales y finales para dicho proceso. Para ello se creó una carpeta llamada “Puntos_Vias” y dentro de este se creó un nuevo shapefile llamado de igual forma,

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

 UDECA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 16 de 36

asignándole el sistema de coordenadas MAGNA COLOMBIA BOGOTÁ nuevamente. Para realizar la edición se empleó herramienta “Edición” teniendo en cuenta que estos puntos se sitúan en los sitios donde se intersectan las vías como se muestra en la *Figura 4*, la edición se finalizó con “Detener Edición” al tener todos los nodos.

6.2.3 Creación de un archivo Shape de Vías y edición de esta capa.

Por medio de este archivo Shapefile se fijan los tramos por medio de líneas que se conectan entre dos nodos, considerando el sentido de las calles. Para ello, se creó una carpeta llamada “Vías” y dentro de este se creó un nuevo shapefile llamado de igual forma, y asignándole el sistema de coordenadas MAGNA COLOMBIA BOGOTÁ. Para realizar la edición se realizó por medio de la herramienta “Editar” y se le asignaron los siguientes campos en la tabla de atributos: NOMBRE, CATEGORIA, ONEWAY, MINUTOS, METERS, JERARQUIA Y VELOCIDAD como se observa en la *Figura 5*; la edición se finalizó con “Detener Edición” al tener todos los recorridos establecidos y todos los campos llenos en la tabla de atributos.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 17 de 36

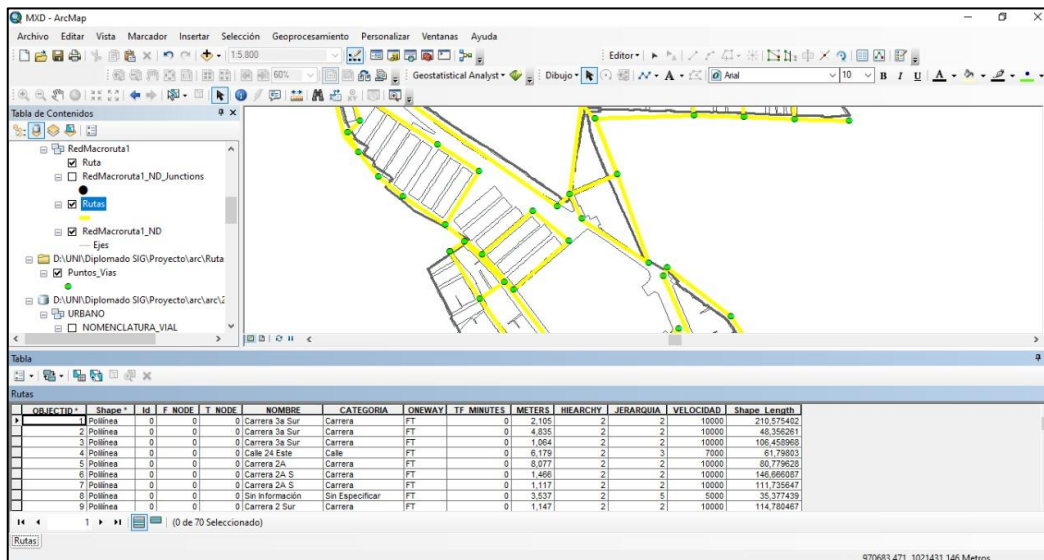



Figura 5 Creación de Shape de Vías y edición de esta capa
Fuente: Elaboración Propia

Para completar cada uno de los campos de la tabla de atributos de la *Figura 5* se tomó como base la siguiente información:

CAMPO	DESCRIPCIÓN
NOMBRE	Este campo contiene el nombre de la carrera, calle ej. Carrera 3ª Sur
CATEGORIA	Este campo contiene si es Calle, Carrera, Carretera o si se encuentra sin información.
METERS	Este campo contiene la distancia en metros de las calles y las carreras.
VELOCIDAD	Este campo contiene la velocidad máxima que debe recorrer el recolector en su triciclo y depende de la categoría, siendo así: 1= 10000 metros 2= 10000 metros 3= 7000 metros 5= 5000 metros

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 18 de 36

MINUTES	Este campo contiene el tiempo que realizar cada recolector en recorrer cada vía. Se calculó mediante la fórmula ($[METERS] * 60 / [VELOCIDAD]$)
ONEWAY	Este campo corresponde al sentido de vía, identificado mediante el punto de origen (DESDE) hasta el punto de fin de la vía (HASTA), con los indicadores FT, TF, BI.
HIERARCHY	Este campo corresponde al valor de jerarquía de las vías, en este caso, se tomó a las vías principales (Carretera) como jerarquía 1, las carreras como 2 mientras que las calles como jerarquía 3 (debido a que se debe recorrer a menor velocidad en esta zona) y si esta sin especificar tiene una categoría de 5.

6.2.4 Elaboración del Dataset de Red

Se creó una File Geodatabase desde el ArcCatalog llamada “MACRO-RUTA_1”, siendo una colección de archivos en una carpeta dentro del disco que puede almacenar, consultar y administrar datos espaciales y datos no espaciales, la Geodatabase de archivos se compone de siete tablas del sistema más los datos del usuario (ESRI, ArcGIS Help, 2017). Dentro de esta se creó un nuevo Feature Dataset el cual comparte un sistema de coordenadas en común, y se importó la capa de Vías para finalmente insertar un nuevo Dataset de Red denominado “RedMacro-ruta1” como se observa en la *Figura 6*.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 19 de 36

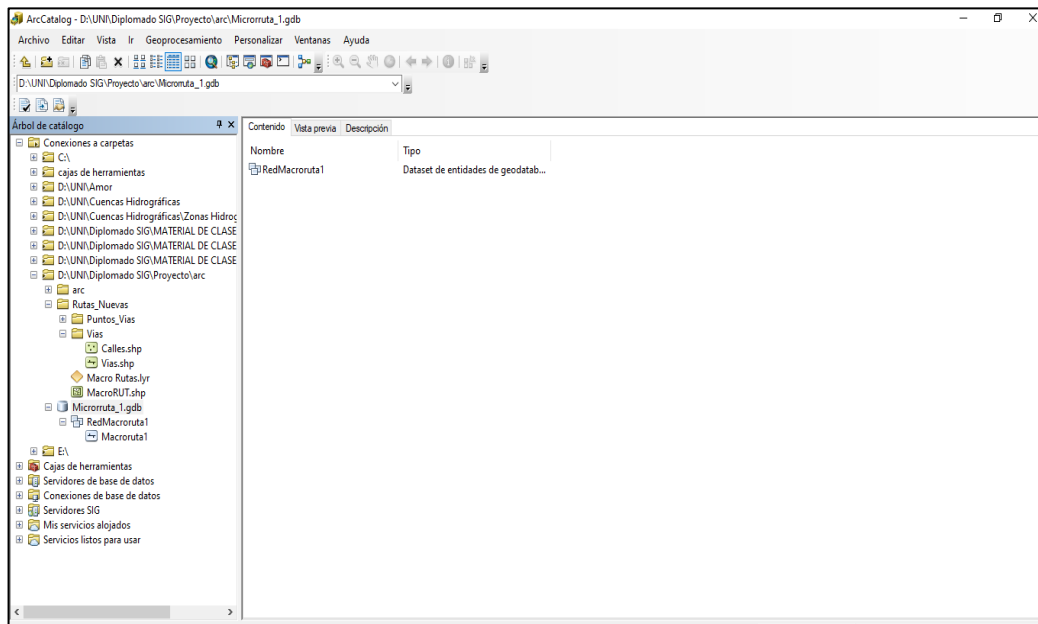


Figura 6 Creación de un Dataset de Red

Fuente: Elaboración Propia

Al realizar la creación del Dataset de Red desplegaron consecutivamente una serie de campos que se debían completar de acuerdo con las necesidades de la red, en primera medida asignarle el nombre y la versión compatible con el software ArcGIS que para este caso es 10.1 como se muestra en la *Figura 8*.

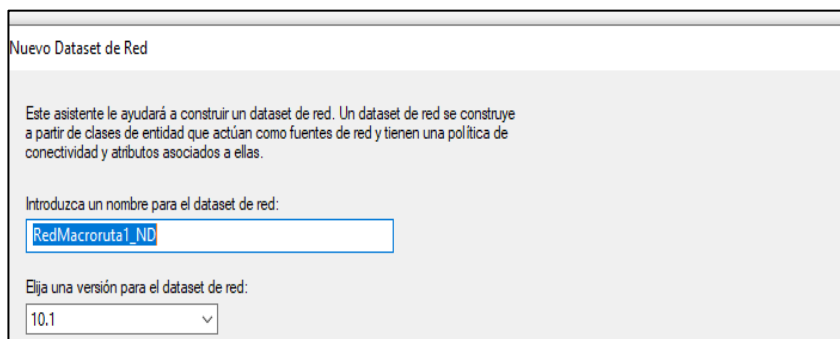


Figura 8 Nombre y versión del Dataset de Red

Fuente: Elaboración Propia

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 20 de 36

En la siguiente ventana se seleccionó la red vial con la que se trabajó la cual se denominó “Vias” previamente, y en la siguiente ventana que hace referencia a la conectividad se dejó por default “Extremo” como se ve en la *Figura 9*.

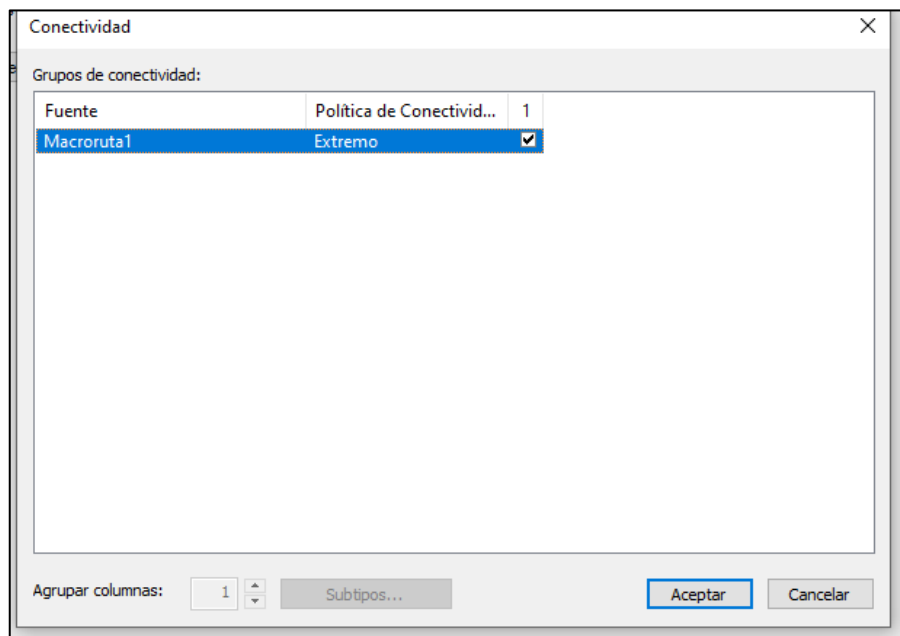



Figura 9 Ventana de conectividad en el proceso de nuevo Dataset de Red
Fuente: Elaboración Propia

En las siguientes 2 ventanas se despliegan, en una la opción de modelar los giros a la cual se le indica que “No” y en la otra como modelar la elevación donde se escoge la opción “ninguno”. Seguido de esto se despliega una ventana donde hay que especificar los atributos para el Dataset de red (Ver *Figura 10*), en este campo se debe adicionar la jerarquía y se verifica por medio del evaluador.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 21 de 36

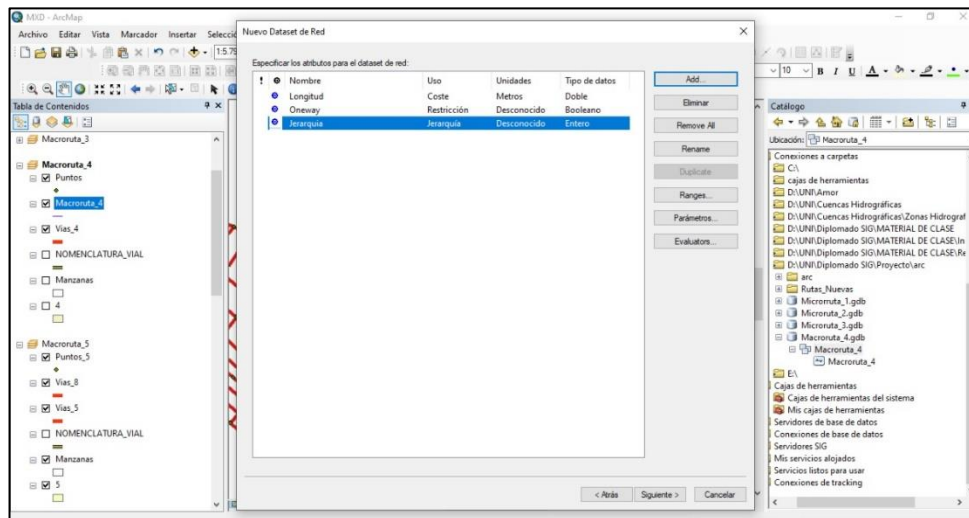


Figura 10 Ventana de adición de campo jerarquía en el Dataset de red
Fuente: Elaboración Propia

Se finaliza con el resumen del nuevo Dataset de red y con el resultado como se ve en la **Figura 11**.

Se presenta en la ventana principal de Arc Map de color rojo la ruta trazada por medio de ArcGIS.

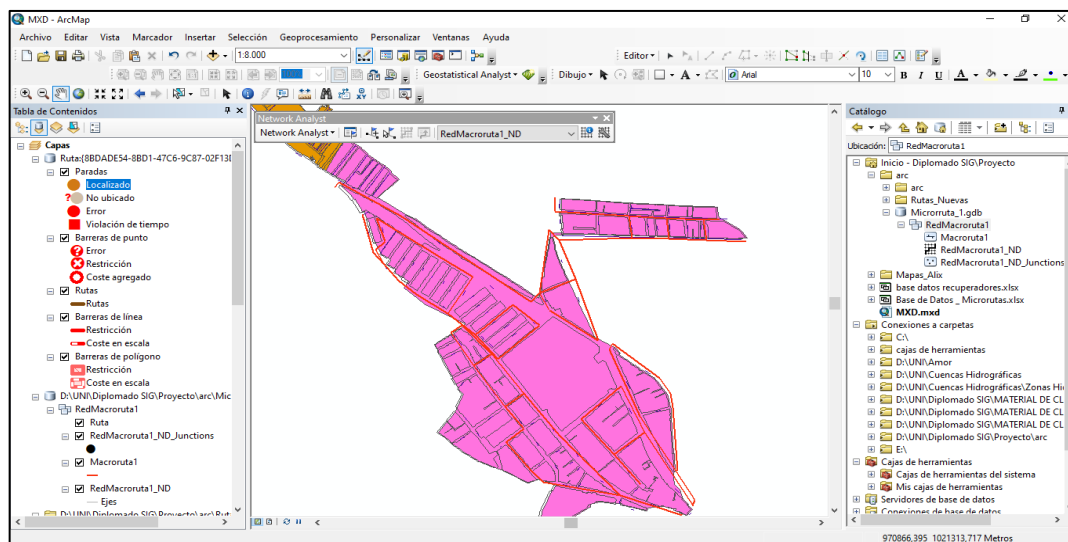


Figura 11 Resultado del Dataset de Red
Fuente: Elaboración Propia

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 22 de 36

6.2.5 Elaboración de Nueva Ruta por medio de la herramienta Network Analyst

Network Analyst es una herramienta geoespacial basada en redes compuestas por tramos (Líneas) y nudos (Puntos) para apoyar la toma de decisiones en cuanto a la optimización de rutas de recolección de residuos sólidos aprovechables para este caso, la aplicación de dicha herramienta se observa en *Figura 12*.

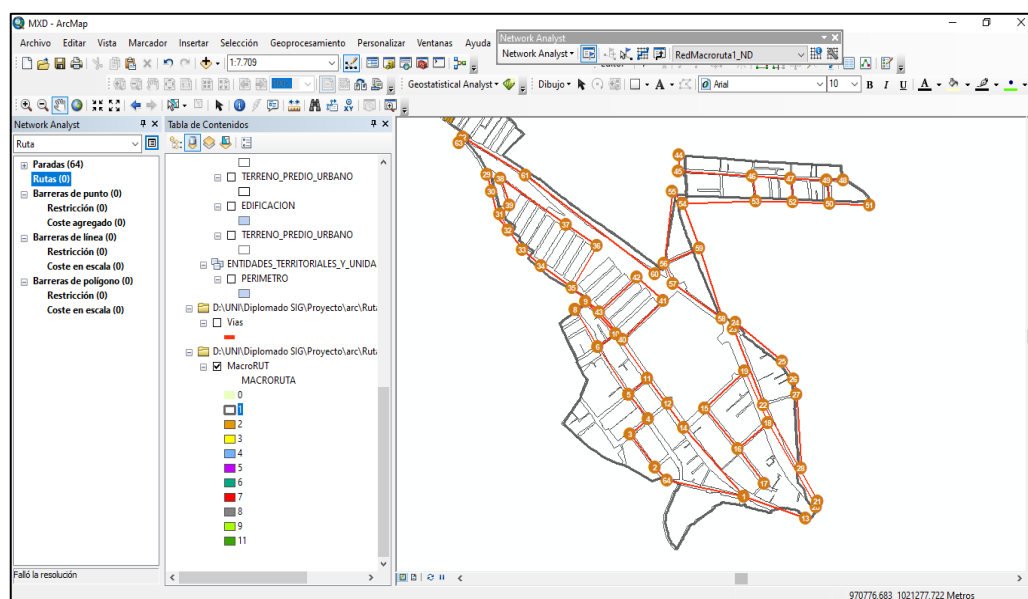



Figura 12 Resultado obtenido por medio de la herramienta “Network Analyst”
Fuente: Elaboración Propia

6.3 Contribución al PGIRS de Facatativá y optimización laboral de los recolectores

Una vez obtenidas la macro-rutas de recolección para residuos sólidos aprovechables del municipio de Facatativá ubicadas en la carpeta ANEXO 2 como se procede a entregar el documento oficial a la Secretaria de Desarrollo Económico con todos los archivos presentes en la carpeta ANEXOS en los diferentes formatos que soportan el documento principal entregado, y posteriormente se entrega a la Secretaria de Planeación, entidad donde se

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 23 de 36

archivan los proyectos y son dispuestos para realizar la articulación y actualización con el PGIRS del municipio.

La optimización laboral de los recolectores pertenecientes a la cooperativa COOPRECUPERARFACA se realiza siguiendo el siguiente proceso:

1. Reconocimiento de las rutas que son seguidas individualmente por los miembros de la cooperativa por medio de encuestas (*Anexo 3,1*) en la cual se identifican los barrios en los cuales labora cada recuperador.
2. Socialización de la ruta obtenida a través del software ArcGIS con los representantes de la cooperativa (Jairo Cortés, Jairo Elías Muse Puyo, Luz Marina León Herrán, Dayana Karina Guevara León), el día viernes 30 de octubre del presente año.
3. Consenso de la distribución de las rutas con todos los miembros de la Cooperativa COOPRECUPERAR FACA en cuanto a horarios, frecuencia y áreas de cobertura con el respectivo personal designado para dicha función.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Es importante mencionar que por medio de la extensión del software ArcGIS, Network Analyst, se genera la elaboración de redes para la distribución de rutas; ya que integra y analiza grandes volúmenes de información, esto debido a una serie de parámetros preestablecidos por el sistema y otros concretados por el usuario. De este modo los parámetros concretados (metros, categoría, dirección, minutos, velocidad, jerarquía), se ubican en cada una de las tablas de atributos facilitando la realización de un análisis de acuerdo a la clase de entidad de origen (o clases), buscando campos comunes como Metros,

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 24 de 36

Minutos y Dirección evidenciándose en la Figura x. Si encuentra estos campos, crea automáticamente los atributos de red correspondientes y les asigna los campos respectivos.

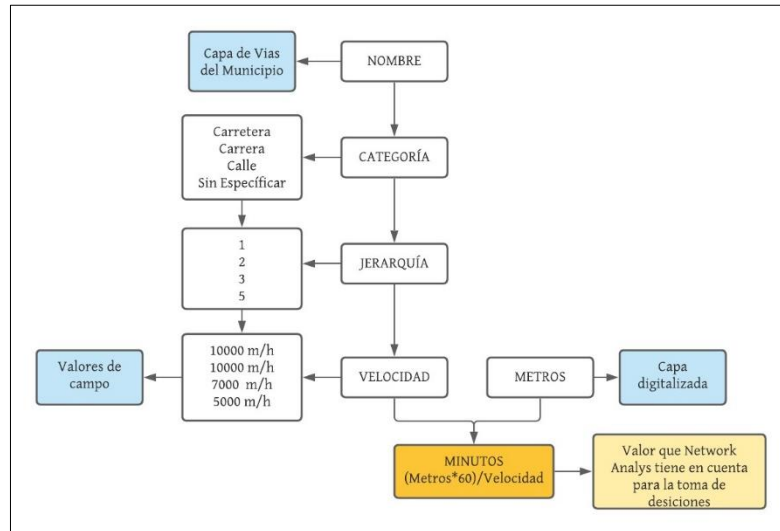


Figura 13 Algoritmo de decisión de Network Analyst
Fuente: Propia

Estudiantes de la Universidad de Oviedo, (s.f) exponen la construcción de la red como un sistema de elementos interconectados, bordes (líneas) y cruces de conexión (puntos), que representa las posibles rutas desde una ubicación a otra. Al relacionar esto con la necesidad de establecer macro-rutas para la comunidad de recuperadores, se tuvo en cuenta que estos circulan a través de redes por medio de triciclos que transitan por carreteras, calles, carreras o vías peatonales categorizadas como sin información en la tabla de atributos; dicha clasificación se realiza debido a la variación de velocidad que se puede presentar en cada una de ellas ya que puede aumentar el número de giros y variar el estado físico de la misma. Esta red de transporte le permite a los recuperadores del municipio de Facatativá, optimizar el tiempo de sus rutas repercutiendo positivamente en la cantidad de residuos aprovechables recolectados, teniendo en cuenta los rangos de velocidad establecidos en campo, donde una

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 25 de 36

persona con cronómetro en mano se dedicó a realizar su proceso de recolección de residuos aprovechables estableciendo la distancia promedio que tarda en circular durante una hora como se observa en la *Tabla 1*.

Se logra identificar que lo ideal es tomar siempre la ruta más rápida (*Ver Figura 14*), ya sea en un simple recorrido entre dos puntos o una ruta que visite varias ubicaciones. Pero esto suele verse influenciado no solo por la distancia sino por otros factores, por ejemplo, la calidad de la vía o el tránsito que circula en ella. Debido a esto, fue necesario el trabajo en campo para determinar estos elementos y así conocer la velocidad más adecuada dependiendo del tipo de vía, ya que por medio de este se calcula el tiempo de recorrido.

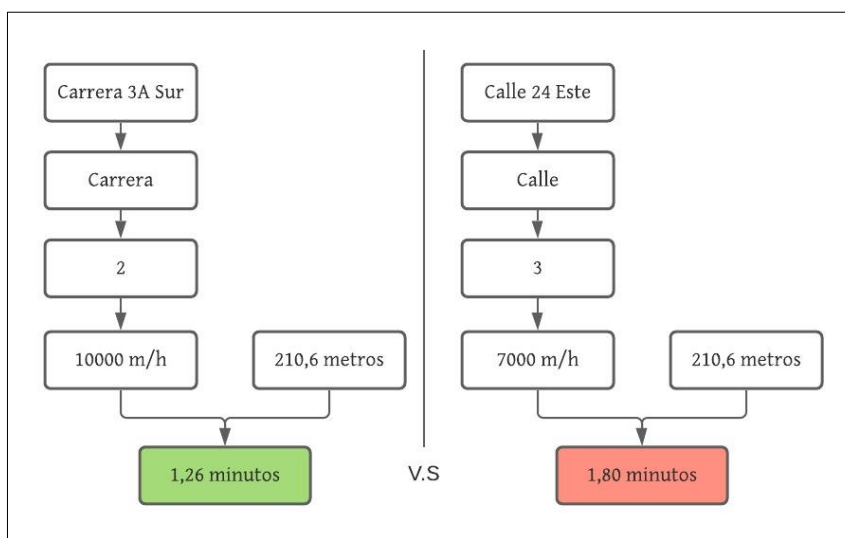



Figura 14 Ejemplo comparativo de la ruta más óptima
Fuente: Propia

Por lo tanto, Dávila, (2008) afirma que la mejor ruta se puede definir como la ruta con la impedancia más baja, donde el usuario es quien elige la impedancia. Para este caso la impedancia es el tiempo, es decir el parámetro por medio del cual se toma la mejor decisión para llevar a cabo la ruta de recolección.


	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 26 de 36

En base al primer objetivo el cual es reunir información referente a las empresas de aseo y población de recolectores del municipio, la evidencia de estos documentos se encuentra en el ANEXO 1 (INFORMACIÓN BASE).

La recolección de los datos referentes al proceso que se ha llevado a cabo desde la alcaldía, dirigido a la formalización de los recolectores de oficio en el municipio de Facatativá brindó una visión global respecto a este componente comprendido en los objetivos del PGIRS. De los principales aspectos percibidos a través de la recopilación de información se destaca: La necesidad de esta comunidad de adquirir un trabajo formal y con ella una condición de vida digna; la importancia ambiental y económica que representa el retorno al ciclo productivo de los residuos sólidos aprovechables; además de la indispensable participación activa de la alcaldía y sus dependencias en pro del desarrollo municipal.

La cooperativa de recuperadores COOPRECUPERARFACA es la única de carácter formal establecida en este municipio, por lo cual se encuentra inmersa en dos de los programas definidos en el PGIRS (Programa de inclusión de recicladores y el Programa de Aprovechamiento), a su vez se establece un porcentaje de 11,2% en toneladas de residuos aprovechables generados en el municipio mensualmente que son almacenados, clasificados y posteriormente reintegrados al ciclo económico, todo ello verificado a partir del Sistema Único de Información (SUI).

A la fecha se encuentran censados 92 de 120 miembros de la cooperativa, que se han venido integrando en los últimos años, como se observa en el *Anexo 1,5*. La totalidad de estos se tuvo en cuenta al momento de ser distribuidos en las macro-rutas, ya que de forma autónoma se habían distribuido para realizar su labor.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 27 de 36

A partir del segundo objetivo, que se basa en realizar el acoplamiento de información pertinente para la elaboración de rutas selectivas por medio software ArcGIS, se obtuvo el tiempo y la distancia total recorrida en cada una de las macro-rutas, esto con la finalidad de generar una base de datos que permita tomar decisiones en cuanto a la cantidad de recolectores ubicados en cada una de ellas y los horarios de trabajos óptimos.

Como ejemplo de esto se obtuvo para la Macro-ruta 1, que abarca los barrios El Jardín, Polar-Triangulo, Sector Manablanca IV, Prado, Recebera, Las Palmas, Las Lomas, Centro Cartagenita Parte 1 y Centro Cartagenita Parte 2, un total de 245,0 metros recorridos y un tiempo de desplazamiento de 17,8 minutos como se evidencia en la *Tabla 2*. Cabe recalcar que la herramienta “Network Analyst” se emplea normalmente para el diseño de redes de recolección realizadas por empresas de aseo que cuentan con vehículos automotores ya que requiere la variable “Velocidad” para la toma de decisiones, en este caso, este tipo de vehículo es sustituido por triciclos recolectores (*Figura 11*) suministrados por la alcaldía como parte del proceso de formalización, algunos miembros de la cooperativa aún se desplazan mediante vehículos de tracción animal pero esto no se tuvo en cuenta dado que se está llevando a cabo el proceso para ser retirados de circulación.

Tabla 2 Distribución de tiempo y distancia de desplazamiento para cada Macro-ruta
Fuente: Propia

MACRO-RUTA	TIEMPO (minutos)	DISTANCIA (metros)
1	17,8	245,0
2	27,8	388,6
3	45,5	575,3
4	46,5	656,0
5	51,5	618,0


	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 28 de 36

6	21,2	243,8
7	5,4	58,77
8	10,4	136,0
9	26,5	382,5
10	25,8	388,6
Sumatoria	278,4	3492,6



Figura 15. Triciclo Recolector
Fuente: Propia

Cabe resaltar que la *Tabla 2* muestra los tiempos y distancias recorridas en el desplazamiento de un recuperador en la totalidad de cada Macro-ruta, aparte de ello también es necesario agregar tiempo del proceso de selección y de acarreo hasta la Estación de Clasificación y Aprovechamiento (ECA) donde posteriormente se comercializaran los residuos. Según las encuestas realizadas (*Anexo 3,1*) cada recuperador gasta un tiempo aproximado de 1 hora para el proceso de selección, el cual consiste en la búsqueda de todo tipo de material reciclable (metales, vidrio, plástico, acrílico, papel y cartón principalmente) y 1 hora en el acarreo de material hasta la ECA.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 29 de 36


Los productos correspondientes a las variables anteriormente mencionadas se encuentran contenidas en: Geodatabase extensión .gdb, y capas con formato .shp, se encuentran en el ANEXO 2 (Mapas Generados), adjunto a este documento.

Por último los resultados obtenidos al momento de ejecutar el último objetivo demostraron que la actividad de recuperación se encuentra ligada al servicio público de aseo según el Decreto 596 de 2016 (Establece el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y a su vez el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio) pero no representa la misma importancia para la comunidad facatativeña, generando problemáticas en el desempeño de esta labor; por una parte, la concepción que se tiene de los “recicladores” y la condición de “exclusión”, por otra; la prestación de un servicio que no se considera necesario, sino que muchas veces resulta ser molesto (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2018). En base a esto se buscó contribuir de acuerdo a los lineamientos establecidos para mejorar la labor de los recolectores, unificarlos ordenadamente y dejar bases para que esta comunidad sea concebida como parte esencial del componente ambiental y económico del municipio.

En la *Figura 16* se evidencia la socialización con los representantes de la Cooperativa COOPRECUPERAR.

En la *Tabla 3* se encuentra la distribución planteada de 120 recuperadores encuestados hasta la fecha para cada Macroruta y los barrios pertenecientes a cada una de ellas, con la finalidad de agilizar el proceso de recuperación y el trabajo equitativo para los integrantes de la cooperativa.

Tabla 3. *Distribución en cuanto a frecuencia, horario y cantidad de recuperadores*
Fuente: Propia

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 30 de 36

MACRORUT A	BARRIO O CONJUNTO RESIDENCIAL	FRECUENCIA	HORARIO DE RECOLECCIÓN	CANTIDAD DE RECUPERADORES
1	El Jardín	Lunes Miércoles Viernes	Diurno (4:00 am - 8:00 am)	8
	Polar-Triangulo			
	Sector Manablanca IV			
	Prado			
	Recebera			
	Las Palmas			
	Las Lomas			
	Centro Cartagenita Parte 1			
Centro Cartagenita Parte 2				
2	San Antonio Alto	Lunes Miércoles Viernes	Diurno (4:00 am - 8:00 am)	10
	San Antonio Bajo			
	Villa Carlota			
	Villa Carolina			
	La Florida			
	Cóndor M			
	Sector mana Blanca II			
	Sector mana Blanca III			
	Cádiz			
	Atillos de Chico			
	Mirador de Manablanca			
El Portal				
3	Las Piedras	Lunes Miércoles Viernes	Diurno (4:00 am - 8:00 am)	10
	Siete de Agosto			
	El Bosque			
	Sector Dos Caminos			
	Nueva Holanda			
	Las Lajas			
	Cóndor			
	El Triunfo			
	San Gerónimo			
La Esperanza				
4	San Benito	Martes Jueves Sábado	Diurno (4:00 am - 8:00 am)	20
	Villa Riviera			
	Santo Domingo			
	Sector de Villas de Manjui			
	La Paz			
	La Pepita			
	Las Mercedes			
	Villa Rosita			
Juan XXIII				


Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



MACROPROCESO DE APOYO PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAAr113
	VERSIÓN: 4
	VIGENCIA: 2020-12-10
	PAGINA: 31 de 36

	Maria Fernanda Villa Nueva Monakas Zausalito El Edén San Carlos Torres de San Carlos San Cristóbal			
5	Santa Isabel El Llanito Llanito Popular Santa Helena Berlín Abelardo Forero La Unión San Juan Berlín 2 Las Acacias Altos de Berlín Quebradas Manantial Remanso del Cacique La Concepción El Diamante Villa Andrea Villa Valentina Los Olivos María Angélica La Esmeralda Villa Sajonia Biurba Nuevo Copihue Villa Ivonne Pensilvania Los Cerezos casas Porvenir Álamos San Pedro Los Laureles Los Molinos Gibraltar	Lunes Miercoles Viernes	Diurno (4:00 am - 8:00 am)	30
6	Geranios Atalaya Llano de Tunjo Baganvillas Tierra I	Martes Jueves Sábado	Nocturno (Antes de las 5:00 pm)	8

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 32 de 36

	Tierra III			
	María Paula			
	Sta Clara			
	Villas del Norte			
	San Pedro Claver			
	Urbanización San Rafael			
	Villa Olímpica			
	Las Quintas			
	La Rivera			
	Brasilia			
	Rincón de Faca			
	Tisquesusa			
7	Cr Omnicentro	Martes Jueves Sábado	Diurno (4:00 am - 8:00 am)	8
	Cr Los Cerezos			
	Cr Tierra Linda II			
	Terra Nova			
	Tulipanes			
	Heliconias			
	Azaleas			
	Girasoles			
8	Girardot	Lunes Miércoles Viernes	Nocturno (Antes de las 5:00 pm)	8
	El Paraíso			
	Convención			
	Villa Alba			
	Porto Fino	Martes Jueves Sábado	Nocturno (Antes de las 5:00 pm)	
	Villa del Rio			
	San Rafael			
	San Rafael Sector II			
	Villa del Prado			
	Villa Ferroviaria			
	La Campiña			
	Simón Bolívar			
9	Arbeláez	Martes Jueves Sábado	Nocturno (Antes de las 5:00 pm)	8
	Zambrano			
	Santa Rosa			
	Nuevo Milenio			
	Monte Claro			
	Los Llanitos			
	Juan Pablo II			
	Mirador de la Arboleda			
	Arboleda Parte I			
	Arboleda Parte II			
10	San Agustín	Todos los días	Nocturno (Antes de las 5:00 pm)	10
	Chapinero			
	Daniel Ortega			

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*


	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 33 de 36

	San José	(7:30 pm - 8:30 pm)	
	Santa Rita Parte I		
	Santa Rita Parte II		
	Versalles		
	Los Robles		
	Chicuaza		
	Centro		
	Portal de María		
	Chico		
TOTAL	142 BARRIOS		120



Figura 16. Socialización con los representantes de la cooperativa COOPRECUPERARFACA
Fuente: Propia


Al pasar el tiempo Facatativá aumentará su perímetro urbano, dado que pertenece a la Sabana de Bogotá, aumentará la generación de residuos a la par que aumenta la población, y la comunidad de recolectores también se verá expuesta a cambios, por ende, es necesario llevar a cabo actualizaciones periódicas que involucren los aspectos plasmados en este proyecto para asegurar el progreso de la cooperativa y como tal del Programa de Aprovechamiento contemplado en el PGIRS.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 34 de 36

Los productos referentes al tercer objetivo se encuentran en el ANEXO 3 (DISTRIBUCIÓN RECOLECTORES), entregado en formato Excel e imágenes .jpg adjunto a este documento.

8. CONCLUSIONES

- Es importante reconocer que existe un crecimiento constante de la población y con ello el incremento de residuos que se generan, dada esta situación se requiere que las rutas se ajusten a las necesidades de la comunidad, es por esto que por medio del software empleado y su extensión Network Analyst permitirá de manera más fácil y eficiente actualizar la base de datos y el PGIRS, siendo la base para llevar a cabo los diferentes programas del municipio; a la vez que contribuye a la optimización laboral de los recolectores.
- De acuerdo al cálculo de las rutas por medio del software Arc Gis, extensión Network Analyst se generó la ruta más óptima, teniendo en cuenta el tiempo y la distancia de la macro-ruta en el perímetro urbano del municipio de Facatativá, tomándose en cuenta para el diagnóstico el modelo de recolección de residuos sólidos aprovechables existentes por la cooperativa COOPRECUPERARFACA.
- Para generar resultados con mayor cercanía a la implementación de las rutas de recolección, es necesario tener en cuenta tanto el componente técnico como el humano, ya que las características de la población recolectora (edad, tipo de discapacidad, entre otros), influyen directamente con los tiempos y cantidad de residuos sólidos aprovechables recuperados, por lo cual es fundamental reconocer estas necesidades para distribuirlos estratégicamente en las macro-rutas.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 35 de 36

9. BIBLIOGRAFÍA

ESRI Development Team, (s.f). ARCGIS Geographic Information System.

Recuperado de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, (2018). Caracterización de organizaciones de recicladores de oficio en proceso de formalización. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Recuperado de <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/SSPD%20Publicaciones/Publicaciones/2018/Oct/caracterizaciondeorganizacionesderecicladoresdeoficio.pdf>

ESRI, ArcGIS Help, (2017). ArcGIS Resources. Network Analyst. Recuperado de www.esri.com

Dávila, P (2008). Tutorial de prácticas de Network Analyst en ArcGIS 9.1 y en un servidor de mapas. Universidad de Azuay, facultad de ciencias de la administración. Ecuador. Recuperado de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2349/1/06846.pdf>

Universidad de Oviedo (s.f). ¿Qué es Network Analyst? España. Recuperado de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/29518/Qu%E9%20es%20Network%20Analyst.pdf;jsessionid=53F0BA28856C6BBB831AB0E763A678F7?sequence=1>

10. ANEXOS

A continuación, se relacionan los documentos que se encuentran en la Carpeta de Anexos adjunta a este trabajo, clasificadas por subcarpetas como se muestra en la *Tabla 4* con los respectivos archivos que contiene cada una:

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*


 UDECA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 36 de 36

Tabla 4 Anexos que soportan el documento principal. *Elaboración propia*

Fuente: Propia

CARPETA	NOMBRE DEL DOCUMENTOS		TIPO DE DOCUMENTO
Anexo 1	1.1	Documento Pasantía	.pdf
	1.2	Rutas Servigenerales S.A. E.S.P	.pdf
	1.3	Rutas Trash Global S.A. E.S.P.	.pdf
	1.4	Capas_Facatativa	.gdb
	1.5	Base de Datos de recuperadores COOPRECUPERARFACA	.xls
Anexo 2	2.1	Mapa_Macro-rutas_General	.pdf
	2.2	Mapa_Macro-ruta_ (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)	.pdf
	2.3	Macro-ruta_ (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)	.gdb
Anexo 3	3.1	Encuestas	.pdf
	3.2	Distribución Recolectores	.xls
	3.3	Evidencias Fotográficas	.jpg